



# Maßnahmenszenarien, Emissionen

**Jochen Theloke,  
Ulrike Kugler, Tatjana Kampffmeyer, Melinda Uzbasich, Ulrich  
Dämmgen, Alexandra Kuhn**



# Agenda

- Maßnahmenauswahl und Maßnahmenbündelung
- Bewertung von Maßnahmen und Maßnahmenbündeln
- Sensitivitätsszenarien
- Hypothetische Szenarien
- Kosten
- Zusammenfassung



## Maßnahmenauswahl

- Es wurden im Rahmen von PAREST insgesamt 75 Maßnahmen identifiziert und bewertet
- Es wurden auf dieser Grundlage 30 Maßnahmenbündel definiert
- Die Einzelmaßnahmen wirken auf die Sektoren:
  - i. Kleinf Feuerungsanlagen
  - ii. Großfeuerungsanlagen
  - iii. Straßenverkehr
  - iv. Andere mobile Maschinen
  - v. Lösemittelanwendung
  - vi. Landwirtschaft
- Die Maßnahmen mindern PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> und NMVOC



## Systematische Maßnahmenbeschreibung

- i. Titel der Maßnahme
- ii. Kurzbeschreibung der Maßnahme
- iii. Quantifizierung des Minderungspotenzials für 2015 und 2020 im Vergleich zum Referenzszenario
- iv. Ansatz
- v. Stand der Umsetzung
- vi. Kosten der Maßnahme
- vii. Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

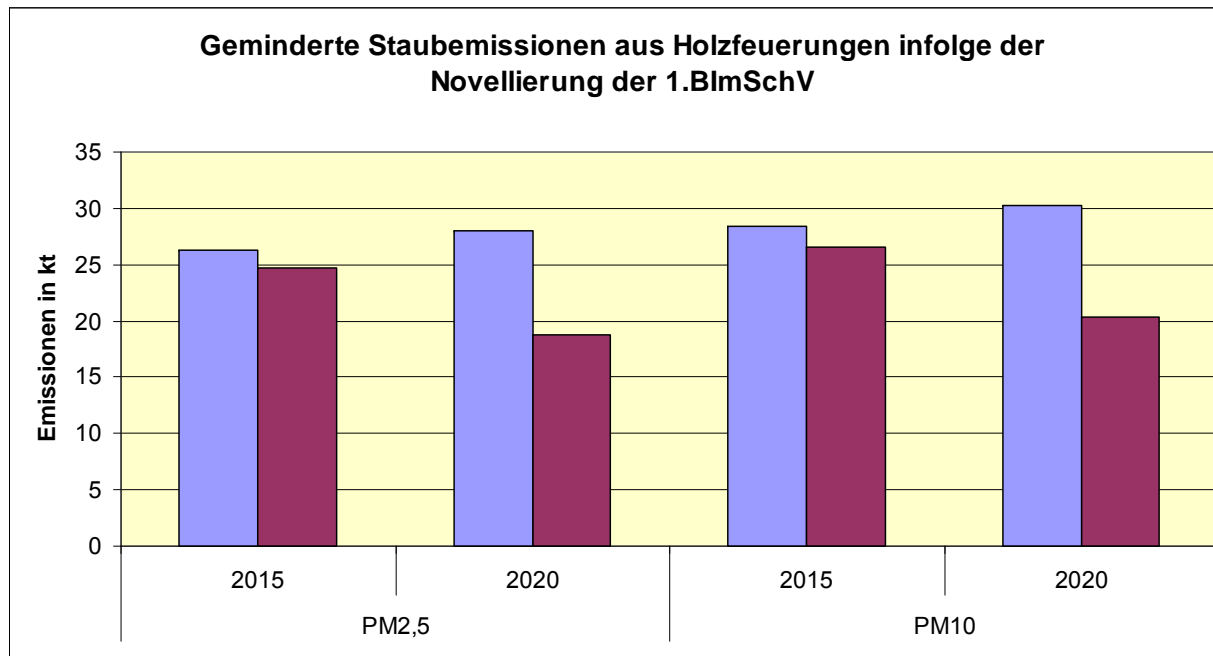


## Identifizierte Minderungsmaßnahmen

- Insgesamt wurden 75 Maßnahmen identifiziert:
- 13 Maßnahmen für den Sektor Landwirtschaft,
- 6 Maßnahmen für die Lösemittelanwendung,
- 5 Maßnahmen für den Sektor Kleinf Feuerung
- 19 Maßnahmen für den Sektor Großfeuerungsanlagen
- 10 Maßnahmen für den Sektor „Produktionsprozesse“
- 12 Maßnahmen für den Sektor „Straßenverkehr“
- 10 Maßnahmen für den Sektor „andere mobile Quellen“



## Maßnahmen-Kleinfeuerungsanlagen



Emissionen in kt	PM2,5		PM10	
	2015	2020	2015	2020
Minderungspotenzial in kt	1,6	9,2	1,8	9,9
Minderungspotenzial in % bez. auf Sektoremissionen	6	33	6	33
Minderungspotenzial in % bez. auf Gesamtemissionen	2	9	1	6



## Maßnahmen-Großfeuerungsanlagen

Es wurden zwei „Säulen“ untersucht:

- EU- Vorschläge zur IED-Richtlinie und
- UBA-Vorschläge zur IED-Richtlinie

Darüber hinaus wurden folgende Maßnahmen zusätzlich entwickelt

- Verschärfung des Staubgrenzwerte für Anlagen > 50MWth FWL
- Absenkung des NO<sub>x</sub>-Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/m<sup>3</sup> für Erdgaskesselfeuerungen >50 MWth FWL



## Maßnahmen - Industrieprozesse

- Sinteranlagen- Absenkung des Emissionsgrenzwertes  $\text{NO}_x < 100 \text{ mg/Nm}^3$
- Zement, Walzstahl-Absenkung des Emissionsgrenzwertes  $\text{NO}_x < 200 \text{ mg/Nm}^3$
- Glas-Absenkung des Emissionsgrenzwertes  $\text{NO}_x < 500 \text{ mg/Nm}^3$
- Sinter-Absenkung des Emissionsgrenzwertes  $\text{SO}_2 < 100 \text{ mg/Nm}^3$
- Schwefelsäureherstellung-Absenkung des  $\text{SO}_2$ -Emissionsgrenzwertes durch sekundäre Abgasreinigungseinrichtung
- Sinter, Zement, Glas-Absenkung des Emissionsgrenzwertes Staub  $< 10 \text{ mg/Nm}^3$
- Düngemittelproduktion-Absenkung des  $\text{NH}_3$ -Emissionsgrenzwertes  $< 45 \text{ mg/Nm}^3$



## Maßnahmen - Mobile Maschinen

- Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Dieselmotoren)
- Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Ottomotoren)
- Grenzwerte für Flüssiggasmotoren >18kW in mobilen Maschinen
- Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen
- Nutzungsbeschränkungen für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten
- Weiterentwicklung der Grenzwerte für Diesellokomotiven
- Differenzierung der Trassenpreise im Schienenverkehr
- Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt
- Kosteninternalisierung im Flugverkehr (Kerosinsteuer und Einbeziehung in den Emissionshandel) → PS IV
- Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr



## Maßnahmen - Straßenverkehr

- Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei MZR
- Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern
- Tempolimit von 120 km/h auf Bundesautobahnen
- Tempolimit von 80 km/h auf Bundesstraßen
- Angleichung der Mineralölsteuer von Diesel an Ottokraftstoff
- Gebietsbezogene Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen (Umweltzonen)
- Tempolimit innerorts
- Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad
- Förderprogramm zum kraftstoffsparenden Fahren
- Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen
- Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen
- Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR



## Maßnahmen-Landwirtschaft

- Anpassung der Milcheiweißgehalte an ein verändertes Verbraucherverhalten
- Verkürzung der Mastdauer bei Mastbullen
- Verkürzung der Mastdauer bei Mastschweinen
- Verkürzung der Mastdauer bei Masthähnchen und hühnchen
- Verringerter Aufenthalt im Stall – Verlängerung des Weidegangs bei Milchkühen
- Umstellung auf Festmistverfahren
- Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung
- Abdeckung der Wirtschaftsdüngerlager
- Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung
- Anpassung der Düngermengen an den Düngerbedarf
- Verringerter Einsatz von Harnstoffdüngern
- Kombination der Düngung nach Empfehlung & weniger Einsatz von Harnstoff-Düngern
- Einsatz von Leguminosen zur N-Versorgung der Pflanzenbestände



## Maßnahmen - Lösemittelanwendung

- Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Aerosolspray-Anwendungen
- Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Bogenoffsetdruck
- Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Oberflächenreinigungsprozessen
- Reduktion der NMVOC-Emissionen aus dem Maschinenbau
- Reduktion der NMVOC-Emissionen im Schreinerhandwerk
- Reduktion der NMVOC-Emissionen im Siebdruck



## Identifizierte Minderungsmaßnahmen

- 19 Maßnahmen zur Minderung von NMVOC
- 32 Maßnahmen zur Minderung von NO<sub>x</sub>
- 14 Maßnahmen zur Minderung von SO<sub>2</sub>
- 18 Maßnahmen zur Minderung von NH<sub>3</sub>
- 23 Maßnahmen zur Minderung von PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>



## Ergebnis der Maßnahmenanalyse (Mind.-Pot. in kt)

Sektor	Maßn. (75)	NOx (126)	PM10 (24,3)	PM2.5 (16)	NH3 (102)	SO2 (110)	NMVOC (95)
Kleinf Feuerung	5 (3)	12,3	9,9	9,2			
GFA	19 (8)	37,0	3,5	3,1		88,3	
Industrie	10	30,1	4,8	2,1	1,1	21,6	
Straßenverkehr	12	22,0	2,7	0,7	0,2	0,07	7,0
Sonstiger Verkehr	10	24,2	0,5	0,5	0,2	0,4	15,4
Lösemittel	6						72,7
Landwirtschaft	13		2,9	0,4	100		



## Auswahlkriterien für Maßnahmenbündel

- Minderungspotenzial
- Wirkraum: städtisch, Hintergrund, national
- Die Umsetzbarkeit der Maßnahmen wird für die Bündelung als „subjektives“ Kriterium eingeschätzt
- Maximal mögliche Minderung (Maximum Feasible Reduction)
  - MFR 2020 über alle Sektoren
  - MFR 2020 für die einzelne Sektoren
- Technische oder nicht technische Maßnahmen:
  - MFTR 2020
  - MFNTR 2020



## Ausgewählte Maßnahmenbündel

- MFR 2020 =>1
- MFR\_NT 2020 =>1
- MFR\_T 2020 =>1
- Sektorweise MFR 2020 => 6
- Sektorweise MFR\_NT 2020 => 3  
(Off/On-road + Landwirtschaft)
- Sektorweise MFR\_T 2020 => 3  
(Off/On-road + Landwirtschaft)
- MFR Tierhaltung 2020 =>1
- KFA Ökodesign 2020 =>1
- 1.BIMSCHV 2020 => 1
- GFA\_IED 2020 =>1
- GFA\_UBA\_IED 2020 =>1
- IND\_NOx\_MFR\_2020 =>1
- IND\_Staub\_MFR\_2020 =>1
- Tempolimit (A\_B\_I)\_gebündelt  
\_2020 =>1



## Ausgewählte Einzelmaßnahmen

- GFA >50MWth => Absenkung Staubwert von 20 mg/m<sup>3</sup> auf 10 mg/m<sup>3</sup>
- Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR
- Flugverkehr => Kosteninternalisierung mittels Kerosinsteuer und Einbeziehung in Emissionshandel
- Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung
- Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung von Wirtschaftsdünger



## Sensitivitätsszenarien – Klimaschutzscenario (MWMS)

Sector	NMVOC		NOx		SO2		NH3		PM10		PM2.5	
	PAREST_REF	MWMS	PAREST_REF	MWMS	PAREST_REF	MWMS	PAREST_REF	MWMS	PAREST_REF	MWMS	PAREST_REF	MWMS
01 Energy industry	8	6	282	216	257	169	3	2	10	7	9	6
02 Non-industrial combustion	95	93	93	78	36	58	3	2	33	33	30	30
03 Combustion manufact. Ind.	4	3	65	58	62	50	1	1	16	17	8	8
04 Prod. processes	78	77	67	61	91	93	10	10	43	43	12	13
05 Mining/Extraction	12	12	0	0	6	6	0	0	4	4	1	1
06 Solvent use	800	800	0	0	0	0	2	2	9	9	9	9
07 Road transport	82	64	164	117	1	1	8	6	78	60	19	15
08 Other mobil sources	47	42	150	134	1	1	1	1	8	7	8	7
09 Waste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	255	255	82	82	0	0	582	582	28	28	6	6
<b>Summe</b>	<b>1381</b>	<b>1353</b>	<b>904</b>	<b>747</b>	<b>455</b>	<b>377</b>	<b>609</b>	<b>607</b>	<b>228</b>	<b>209</b>	<b>101</b>	<b>95</b>



## Sensitivitätsszenarien

- MWMS-Szenario
- MWMS-Szenario + MFR
- MWMS-Szenario + MFR Landwirtschaft
- MWMS-Szenario + MFR Kleinfeuerungen

Minderung im Vergleich zur PAREST-Referenz 2020:

	NMVOC	NOx	SO2	NH3	PM10	PM2.5
	kt					
<b>MWMS</b>	<b>28</b>	<b>157</b>	<b>78</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>7</b>
<b>MWMS plus MFR (M20)</b>	<b>118</b>	<b>246</b>	<b>153</b>	<b>104</b>	<b>39</b>	<b>20</b>
<b>MWMS plus MFR_A (M23)</b>	<b>28</b>	<b>157</b>	<b>78</b>	<b>103</b>	<b>22</b>	<b>7</b>
<b>MWMS plus MFR_K M25)</b>	<b>28</b>	<b>166</b>	<b>78</b>	<b>3</b>	<b>29</b>	<b>15</b>



## Hypothetische Szenarien

- Ersatz aller Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen

		<b>NOX</b>	<b>NMVOG</b>	<b>SO2</b>	<b>NH3</b>	<b>PM10</b>
<b>Basisszenario</b>	<b>Emissionsfaktor (kg/TJ)</b>	50,9	332,4	6,6	0,5	107,8
	<b>Emissionen (kt/a)</b>	10,4	67,7	1,3	0,1	22
<b>Olszenario</b>	<b>Emissionsfaktor (kg/TJ)</b>	40,4	1,5	59	2,5	1,5
	<b>Emissionen (kt/a)</b>	8,2	0,3	12	0,5	0,3
<b>Differenz</b>	<b>(OI-Holz) (kt/a)</b>	<b>-2,2</b>	<b>-67,4</b>	<b>11</b>	<b>0,4</b>	<b>-21,7</b>



## Hypothetische Szenarien -Angepasster tierischer Eiweißbedarf-

- mittlerer Protein-Bedarf Frau: 50 g/d,
- mittlerer Protein-Bedarf Mann: 60 g/d.
- Empfohlen: 30 g/d tierisches Eiweiß.
- Tatsächliche Protein-Aufnahme
  - 71,8 g/d Frauen
  - 93,5 g/d Männer
- Davon tierisches Eiweiß:
  - Frauen 42 g/d
  - Männer 55,6 g/d
- Minderung etwa 20-30% für alle Schadstoffe

## Kosten von technischen Minderungsmaßnahmen

$$A_t = C_o \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + OC$$



$A_t$  = Annuitätskosten: Minderungskosten für Zeitraum  $t$  (üblicherweise ein Jahr)

$C_o$  = Investitionskosten zum Zeitpunkt  $t=0$

$OC$  = laufende Kosten für Wartung und Betrieb

$r$  = Diskontrate (Zinsrate) pro Zeitraum

$n$  = Anzahl der Jahre, die die Maßnahme wirksam ist



## Kosten nicht-technischer Maßnahmen JT1

- Betroffene Maßnahmen und angewandte Methoden

Angepasster Konsum von tierischem Eiweiß	Komfortverlust der Verbraucher
Tempolimit Autobahn Bundesstraße	
Umweltzone	Zeitverlust, (Infrastruktur, teilweise Administration und Informationskampagnen), gesparter Kraftstoff
Tempolimit innerorts	
Umstieg aufs Fahrrad	
Aerosolsprays	Komfortverlust nicht quantifizierbar
Internalisierung externer Kosten: Flugverkehr (Kerosinsteuer und Emissionshandel)	Minderung der Konsumenten- und Produzentenrente: Wohlfahrtsverlust
Kraftstoff sparendes Fahren	Zeitverlust vernachlässigbar
Dieselsteuererhöhung	Wertverlust der Autos vernachlässigbar
Emissionabhängige Landeentgelte: Flugverkehr	Nicht quantifizierbar



## Beispiel: Reduzierter Fleischkonsum

- Maßnahmenbeschreibung:

- i. Reduzierter Verzehr von tierischen Proteinen

- Führt zu: Komfortverlust der Verbraucher

- Vorgehen:

- i. Umrechnen auf Reduzierung im Fleischverzehr ca. 26,8 kg/cap/a
- ii. Frage: Wie viel müsste der Fleischpreis steigen, um den Fleischkonsum auf die gewünschte Menge zu reduzieren?
- iii. Preiselastizität für Fleisch: -1,191 [Gallet, 2010]
- iv. Anwendung der „Rule of the half“

- Bei einem Preis von 11 EUR<sub>2009</sub>/kg Fleisch: Differenz: 2,90 EUR<sub>2009</sub>/kg

- i. (Preisdifferenz \* mögliche Reduzierung \* Bevölkerung)/2 ≈ 2,7\*10<sup>9</sup> EUR<sub>2000</sub>

- ii. Schrittweise Reduktion 2010-2020:

1. 2010: 2,47\*10<sup>8</sup> EUR<sub>2000</sub>, 2015: 1,4\*10<sup>9</sup> EUR<sub>2000</sub>, 2020: 2,7\*10<sup>9</sup> EUR<sub>2000</sub>

$$\eta_{Q,P} = \frac{(Q_2 - Q_1)}{Q_1} \cdot \frac{P_1}{(P_2 - P_1)}$$

P1 (Q1) alter Preis (Nachfrage), P2 (Q2) neuer Preis (Nachfrage)



## Kosten der betrachteten Maßnahmenbündel

<b>Nr.</b>	<b>Beschreibung des Maßnahmenbündels</b>	<b>Gesamtkosten des Maßnahmenbündels [10<sup>9</sup> € (ohne Nutzenverluste)</b>	<b>Gesamtkosten des Maßnahmenbündels [10<sup>9</sup> € (inkl. Nutzenverluste)</b>
<b>M20</b>	<b>MFR Scenario</b>	<b>1,69</b>	<b>37,37</b>
<b>M21</b>	<b>MFR Scenario_Non technical_measures</b>	<b>-0,76</b>	<b>34,61</b>
<b>M22</b>	<b>MFR Scenario_Technical_measures</b>	<b>2,83</b>	<b>2,83</b>
<b>M23</b>	<b>MFR Scenario_Agricultural</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>
<b>M24</b>	<b>MFR Scenario_Solvent use</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>
<b>M25</b>	<b>MFR Scenario_Small Combustions</b>	<b>1,35</b>	<b>1,35</b>
<b>M26</b>	<b>MFR Scenario_Large Combustions</b>	<b>0,35</b>	<b>0,35</b>
<b>M27</b>	<b>MFR Scenario_Production_processes</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>
<b>M28</b>	<b>MFR Scenario_On road traffic</b>	<b>-0,76</b>	<b>30,36</b>
<b>M29</b>	<b>MFR Reduction Scenario_Other_mobile sources</b>	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>



## Kosten der betrachteten Maßnahmenbündel

<b>Nr.</b>	<b>Beschreibung des Maßnahmenbündels</b>	<b>Gesamtkosten des Maßnahmenbündels [10<sup>9</sup> € (ohne Nutzenverluste)</b>	<b>Gesamtkosten des Maßnahmenbündels [10<sup>9</sup> € (inkl. Nutzenverluste)</b>
<b>M30</b>	<b>MFR Scenario_Agricultural_non_technical_measures</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
<b>M31</b>	<b>MFR_Agricultural_technical_measures</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>
<b>M32</b>	<b>MFR_on road traffic_technical_measures</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
<b>M33</b>	<b>MFR Scenario_on road traffic_non_technical_measures</b>	<b>-0,96</b>	<b>-0,08</b>
<b>M34</b>	<b>MFR scenario_Other_mobile_sources_technical_measures</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>
<b>M35</b>	<b>MFR Scenario_Other_mobile_sources_non_technical_measures</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>M43</b>	<b>MFR_Tierhaltung</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>
<b>M44</b>	<b>Small_combustion_Ecodesign_Directive</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>
<b>M45</b>	<b>Small_combustion_1_BImSchV_Novellierung</b>	<b>0,83</b>	<b>0,83</b>
<b>M46</b>	<b>Large_Combustion_Implementation of the Industrial emission directive</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>



## Kosten der betrachteten Maßnahmenbündel

<b>Nr.</b>	<b>Beschreibung des Maßnahmenbündels</b>	<b>Gesamtkosten des Maßnahmenbündels [10<sup>9</sup> €] (ohne Nutzenverluste)</b>	<b>Gesamtkosten des Maßnahmenbündels [10<sup>9</sup> €] (inkl. Nutzenverluste)</b>
<b>M47</b>	<b>Large_Combustion_Implementation of IED (UBA)</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>
<b>M48</b>	<b>MFR Scenario_Production processes_NO<sub>x</sub></b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
<b>M49</b>	<b>MFR Scenario_Production processes_PM</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>
<b>M50</b>	<b>Tempolimit for highways, federal &amp; urban roads</b>	<b>-0,88</b>	<b>34,69</b>
<b>M51</b>	<b>Kombination von Düngung nach Empfehlung und verringertem Einsatz von Harnstoff-Düngern</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>M52</b>	<b>Absenkung des Staub-Emissionsgrenzwertes von 20 mg/Nm<sup>3</sup> auf 10 mg/Nm<sup>3</sup> bestehende und neue kohlegefeuerte GFA &gt;50 MW FWL</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>M53</b>	<b>Nachrüstung schweren Nutzfahrzeugen mit SCR</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>
<b>M54</b>	<b>Kosteninternalisierung im Flugverkehr</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>M73</b>	<b>Abluftreinigungsanlagen Schweinehaltung</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
<b>M74</b>	<b>Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>



## Zusammenfassung

- Es wurden 75 Maßnahmen zur Minderung von Feinstaub und Aerosolvorläuferstoffen ausgewählt
- Auf dieser Basis wurden 30 Maßnahmenbündel gebildet
- Zusätzlich wurden Klimaschutzszenarien als Sensitivitätsszenarien aufbereitet und mit PAREST-Maßnahmenbündeln kombiniert
- Als Hypothetische Szenarien wurden zum einen die Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen ersetzt und zum anderen die Minderung durch angepassten Konsum von tierischem Eiweiß betrachtet
- Es wurden für alle Maßnahmen Kosten abgeschätzt. Dabei wurden zum einen „die technischen Kosten“ betrachtet
- Zusätzlich wurden jedoch für ausgewählte Maßnahmen auch Nutzenverluste kalkuliert



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**